

# O Fenômeno da Vida

Prof. Paulo S. L. Beirão  
Departamento de Bioquímica e Imunologia  
Instituto de Ciências Biológicas  
Universidade Federal de Minas Gerais

Desde o início da humanidade o fenômeno da Vida tem sido motivo de indagações e especulações. Os seres vivos exibem características diferentes daquelas de seres não-vivos, o que levou na Antiguidade à ideia de que têm natureza completamente distinta, para os quais não se aplicariam as leis a natureza.

## Geração espontânea

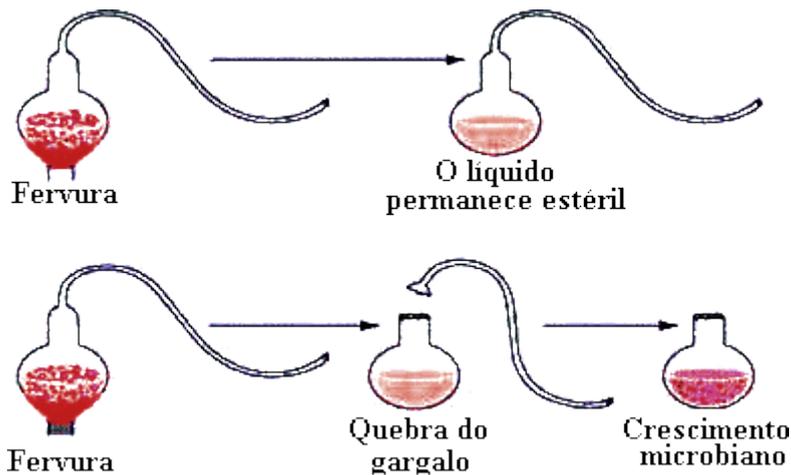
Em contraste, também havia a ideia de que seres vivos poderiam surgir espontaneamente da matéria inanimada, dependendo da circunstância. Por exemplo, quando se deixa um pedaço de carne ao relento, em breve pode-se observar o aparecimento de vermes. A conclusão era a de que os vermes surgiam espontaneamente da carne em decomposição, ou seja, havia geração espontânea de vida (os vermes) a partir de matéria orgânica sem vida (o pedaço de carne). Essa ideia era reforçada pelo fato que os vermes sempre apareciam nessas situações, mas essa era uma interpretação derivada de uma observação não controlada. O Método Científico nos ensina a questionar as conclusões, mesmo aquela aparentemente óbvias. Todas exigem comprovação e por isso essa interpretação foi posta à prova. Como os vermes davam origem a moscas, testou-se a hipótese alternativa de que esses vermes surgiriam a partir da presença de moscas na carne. O teste apropriado era impedir o acesso dessas moscas à carne, o que, verificou-se, impedia o aparecimento dos vermes. Esse tipo de experimento, repetido dezenas de vezes, mostrava consistentemente a necessidade de deposição de ovos na carne pelas moscas para o surgimento dos vermes, derrubando claramente a hipótese do surgimento espontâneo destes. Por outro lado, a cobertura da carne com um tecido (ou mesmo com tampas herméticas) não impedia o aparecimento de mofo, e por isso esse experimento não excluiu a hipótese do surgimento espontâneo de algumas formas de vida, como os fungos.

Foi somente com Pasteur que houve um avanço significativo no reconhecimento da existência de seres vivos microscópicos. Foi também com ele que foi demonstrado que mesmo esses seres vivos microscópicos não são gerados espontaneamente.

Como mencionado, a ideia da geração espontânea de microorganismos se manteve por longos anos. Pasteur mostrou que em sucos contendo matéria orgânica sempre apareciam colônias de microorganismos, o que poderia ser explicado pela geração espontânea. Outra explicação poderia ser a prévia existência dessas formas de vida no suco. Para excluir essa possibilidade Pasteur se empenhou em desenvolver um processo para a esterilização do suco. Nesse empenho ele descobriu um processo que acabou levando seu nome – pasteurização -, que é utilizado até hoje, por exemplo, na produção de laticínios (um belo exemplo de pesquisa básica gerando tecnologia). Se o suco esterilizado era mantido em frasco hermeticamente fechado, os microorganismos não apareciam, enquanto apareciam nos frascos abertos. Isso sugeria que os microorganismos viriam do ar. (Podemos imaginar como essa possibilidade deve ter parecido assustadora na época – existirem microorganismos no ar que respiramos!?) Esse experimento, no entanto, não excluía totalmente a teoria da geração espontânea, porque podia-se

argumentar que havia necessidade de contato com o ar para haver a geração espontânea. Como distinguir essas duas possibilidades? Pasteur inventou um frasco (ver figura) em que a ligação com o ar se mantinha, mas de forma que microorganismos existentes no ar não teriam acesso ao suco. Nessa situação as colônias de microorganismos não apareciam. A teoria de geração espontânea caía por terra!

É importante lembrarmos que Pasteur teve um papel fundamental na caracterização dos microorganismos. Foi ele quem mostrou que a fermentação era um processo biológico e não um processo químico de oxidação, como muitos acreditavam à época. Influenciado pela crença no Vitalismo, ele defendia que apenas seres vivos seriam capazes de realizar fermentação.



### **Vitalismo**

O que era o Vitalismo? Era uma corrente de pensamento que acreditava que os compostos orgânicos somente poderiam ser produzidos por seres vivos, ou seja, que as reações químicas dos compostos orgânicos seriam peculiares aos seres vivos – dependiam da existência de uma “Força Vital”. Essa corrente já havia sido duramente abalada pela síntese da ureia por Wöhler em 1828, a partir de compostos inorgânicos. Um avanço muito importante foi conseguido posteriormente pelos irmãos Büchner. Eles fizeram um extrato de leveduras, sem células vivas. (Imagine como a ausência de leveduras vivas poderia ser comprovada) Para surpresa deles esse extrato foi capaz de fazer a fermentação, demonstrando que ela pode ocorrer sem a “Força Vital”. Além de derrubar definitivamente o Vitalismo, esse experimento abriu uma enorme perspectiva: identificar as etapas químicas da fermentação. Na verdade, o estudo de todas as etapas metabólicas de células pôde ser iniciada com essa abordagem. Além dos estudos da composição química de células e organismos, passou a ser possível identificar como eles eram sintetizados e degradados. A partir daí foram descobertas as enzimas responsáveis pela catálise das reações bioquímicas, os intermediários das vias metabólicas, os cofatores necessários para a realização dessas reações e os mecanismos de controle das reações. Mais importante, foi possível mostrar que os seres vivos são capazes de renovar seus próprios componentes, assim compensar a tendência natural das coisas, sejam elas orgânicas ou inorgânicas, de se degradar, se desorganizar. De uma forma muito simplificada, podemos dizer que o segredo da vida é a capacidade do ser vivo de constantemente se renovar. Para isso o organismo precisa de energia e de matéria prima. O metabolismo é responsável pela síntese dos nossos constituintes para o processo de renovação, e para isso utiliza matéria prima e a energia obtidas nos alimentos (nos seres heterotróficos).

### **Hereditariedade**

Se os organismos vivos sempre se originam de outros, o que faz com que eles guardem semelhança com seus genitores? Como está programada a capacidade de se renovar sintetizando exatamente as proteínas características da espécie? As primeiras hipóteses, sem muita fundamentação científica, já tinham sido descartadas por observações sistematizadas. Por exemplo, a suposta semelhança do espermatozoide com um “homúnculo” que cresceria no útero feminino não conseguia explicar adequadamente a semelhança do(a) filho(a) com a mãe. E como seria a hereditariedade em outros seres vivos, onde não há espermatozoide?

Uma série de experiências com ervilhas permitiu que se achasse o fio da meada para a solução desse problema. Gregor Mendel, um frade curioso, observou a existência de vários tipos de ervilhas, e resolveu verificar como as diferentes características passavam para as gerações seguintes. O trabalho original (traduzido para o português) encontra-se nas leituras sugeridas. Simplificadamente, consideraremos apenas duas das características utilizadas – sementes lisas ou rugosas. As sementes derivadas dos pés de ervilha lisa sempre davam origem a pés de ervilhas lisas, e coisa análoga ocorria com as ervilhas rugosas (para isso ele teve que cultivar várias gerações de ervilhas lisas e rugosas, garantindo que essas características se mantinham em todas as gerações). Curioso, ele decidiu ver o que acontecia se ele cruzasse plantas de ervilhas lisas com plantas de ervilhas rugosas. Contrariando a expectativa simplista de que haveriam ervilhas de ambos tipos, ele observou o aparecimento apenas de ervilhas lisas. Aparentemente a característica “rugosa” havia desaparecido, dominada pela característica “lisa”. Uma observação muito significativa foi que a reprodução entre pés de ervilha resultantes do cruzamento das ervilhas lisas e rugosas (e portanto, todas com característica de serem lisas) dava origem a ervilhas lisas e rugosas – o traço “rugoso” reaparecia! Mais interessante foi a observação que o traço “rugoso” aparecia em cerca de 25% das plantas. Como interpretar isso? A característica “rugoso” havia desaparecido na primeira geração, mas ela estava presente nela, embora de forma oculta. Isso fica evidente quando ela reaparece na segunda geração. Ele sugeriu a existência de dois fatores, cada um vindo de um dos genitores. Sendo o traço “liso” dominante, a primeira geração teria ambos fatores mas produziria ervilhas lisas. Na geração originada desses híbridos haveria 25% de probabilidade de exemplares apenas com os fatores relacionados com o traço “rugoso”, que reapareceria. O fato de que 25% das ervilhas da segunda geração terem a característica “rugoso” reforçava a hipótese dos dois fatores. Essa era exatamente a proporção esperada dos descendentes de uma geração que tivesse um fator y recessivo e um fator x dominante. Esse trabalho foi apresentado em um importante encontro científico e, mesmo depois de publicado, não teve o impacto esperado entre os estudiosos da hereditariedade. Uma possível explicação é que ele tenha parecido simples demais para a complexidade do problema, que vinha sendo estudado em situações que hoje sabemos serem muito complexas (hoje diríamos, envolvendo vários genes). Ainda hoje a pesquisa biológica sofre desse tipo de incompreensão por parte de setores da sociedade, que não percebem que estudos com microorganismos, vermes, moscas de frutas, lesmas e camundongos podem gerar informações fundamentais para a solução de problemas afetam todos os seres vivos, inclusive os seres humanos.

Mas qual seria a natureza desses fatores? Certamente deveria ser alguma coisa presente nos gametas, mas o que? Qual a natureza química desses fatores? Muitos pesquisadores se colocaram em busca de sua identificação. Dada a complexidade existente nos seres vivos e a diversidade de suas características, imaginou-se que apenas as proteínas seriam capazes de codificar toda essa complexidade. O fio da meada para elucidação desse problema surgiu com a observação da existência de duas linhagens de pneumococos: uma linhagem que gerava colônias lisas (linhagens S) e outra linhagem de colônias rugosas (linhagem R - apenas uma

curiosa coincidência...). A linhagem S é muito virulenta e causa infecção com alta letalidade em camundongos, enquanto a linhagem R é benigna, com baixa letalidade. Foi feita uma observação inesperada e fundamental: enquanto a injeção em camundongos de pneumococos R vivos ou de pneumococos S mortos não causava a morte destes, a injeção de pneumococos R vivos e pneumococos S mortos causava a morte. Mais significativamente ainda, quando se recuperava dos animais mortos os pneumococos e os cultivava, apareciam colônias S. Como isso poderia acontecer se os pneumococos S estavam mortos? A conclusão é que os pneumococos R tinham se transformado em S. (Discuta outras possíveis explicações) A pergunta inevitável é: como os pneumococos R tinham adquirido as características dos pneumococos S? Alguma coisa que codifica essas características tinha sido transferida dos pneumococos S mortos para os R vivos. O que era essa “coisa”? Para responder a essa pergunta o esforço investigativo se concentrou na identificação dessa “coisa”. Foi observado que extratos de pneumococos S eram capazes de tornar os R em pneumococos virulentos e formadores de colônias S. O fracionamento desses extratos e o uso de enzimas que quebram o DNA mostraram que essa molécula era responsável pela transformação. Portanto, o DNA era capaz de codificar as características típicas do pneumococo S. Observe novamente que a capacidade de obtermos extratos celulares com todo o conteúdo molecular das células nos abre a possibilidade de estudarmos a importância e o funcionamento de cada molécula isoladamente.

### **A molécula do ácido desoxirribonucleico**

Nos processos de identificação e caracterização das moléculas presentes nos extratos celulares sempre se identificava a presença desse polímero, normalmente muito longo, cuja hidrólise dava origem a uma pentose (desoxirribose), fosfato inorgânico e quatro tipos de bases nitrogenadas, identificadas como adenina (A), guanina (G), citosina (C) e timina (T). Era uma molécula filamentosa cuja função era desconhecida e cuja estrutura era bem menos complexa do que a das proteínas. Por isso atraía menos atenção. Quando se confirmou que ela era capaz de alterar as características das células e, portanto, de carregar a codificação genética, o interesse sobre ela aumentou enormemente. A dúvida que surgia era como uma molécula tão pobre em componentes pode ser responsabilizada por dizer se uma célula irá dar origem a um celenterado ou a um ser humano, por exemplo?

Um bioquímico chamado Chargaff, refugiado da ditadura nazista nos EUA, estudou exaustivamente a composição de moléculas de DNA de vários organismos e verificou que sempre as quantidades de G e C eram iguais, da mesma forma que as quantidades de A e T. Observou também que as proporções de A e G (e portanto de C e T) eram diferentes de um organismo para outro, mas eram mantidas iguais em todas as células e tecidos desses organismos. A explicação para essas observações foi dada pelo entendimento da estrutura do DNA.

### **A estrutura do DNA**

A demonstração de que o DNA era capaz de carregar o código com as características genéticas dos organismos impulsionou a busca de como isso poderia ser possível. A resposta veio com o esclarecimento de sua estrutura. Isso começou a ser feito com o desenvolvimento de uma técnica já utilizada para identificação de estruturas de materiais e de compostos químicos - a difração de raios X.

Os perfis de difração feitos por Rosalind Franklin, interpretados e modelados por James Watson e Francis Crick, mostraram que a molécula de DNA é constituída de uma dupla fita em que as

bases nitrogenadas estão voltadas para o meio de forma que a adenina se pareia com a timina e a guanina com a citosina (daí as quantidades de A e T, e de C e G, serem iguais). O modelo propunha que a codificação das características genéticas se encontra na sequência das bases nitrogenadas. Se cada fita pode servir de molde para formar a fita complementar, fica fácil entender como uma molécula de DNA pode se reproduzir gerando novas moléculas idênticas. Essa simples ideia permitia esclarecer o mecanismo pela qual o material genético pode se reproduzir, carregando o código com as características de cada indivíduo.

O modelo era muito interessante e explicava o que se conhecia, mas precisava ser confirmado. Uma das previsões do modelo era que as novas moléculas de DNA seriam constituídas de uma fita recém formada e outra originada da molécula original. Isso foi comprovado cultivando microorganismos em ambientes contendo inicialmente o isótopo pesado de nitrogênio mudando em seguida para o isótopo leve. Esse experimento, pela sua elegância e importância, merece ser estudado e discutido (ver anexo). Ele comprovou o modelo proposto. O reconhecimento da estrutura do DNA abriu uma nova era na Biologia, ainda não completamente esgotada nas suas potencialidades.

Para concluir esse capítulo, vale a pena mencionar que uma técnica de sequenciamento de DNA desenvolvida nos anos 1970 por Sanger permitiu conhecer a informação genética como está codificada no DNA genômico. Isso permitiu mais recentemente o sequenciamento do genoma humano e de vários outros organismos (atualmente usando técnicas ainda mais modernas e poderosas). Os resultados obtidos permitem demonstrar no nível molecular as semelhanças entre as espécies, o que abre uma nova dimensão para a identificação de parentescos das diferentes espécies. O sequenciamento genômico fornece elementos valiosos para ratificar, e por vezes corrigir, a taxonomia feita exclusivamente com base nas características morfológicas (assunto a ser tratado no próximo tópico). Também é importante destacar que o sequenciamento do DNA permite deduzir a sequência de aminoácidos de proteínas. A partir disso, a comparação dessas sequências de espécies diferentes fornece informações sobre a importância relativa de cada aminoácido para a função da proteína. Isso porque aqueles aminoácidos que são essenciais para a função são conservados na sequência, pela simples razão que mutações nesse sítio geraria proteínas incapazes de exercer a sua função. Se essa função for essencial para a existência, o indivíduo afetado seria incapaz de sobreviver e de se procriar. A mutação não perduraria nas gerações seguintes. Retomaremos esse ponto no próximo tópico.

Belo Horizonte, agosto de 2017

#### **LEITURA SUGERIDA:**

Mendes, R.V. (2013) Experimento de hibridização de plantas: o artigo de Gregor Mendel. *Genética na Escola* 8 (1): 86-103.

(<https://www.flipsnack.com/Eveli/revista-genetica-na-escola-volume-8-numero-1-2013.html>)